



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 15 644 A 1**

⑤ Int. Cl.⁵:
B 25 J 13/00

⑳ Aktenzeichen: P 40 15 644.3
㉑ Anmeldetag: 15. 5. 90
㉒ Offenlegungstag: 21. 11. 91

DE 40 15 644 A 1

㉑ Anmelder:

Kuka Schweißanlagen + Roboter GmbH, 8900
Augsburg, DE

㉒ Vertreter:

Ernicke, H., Dipl.-Ing.; Ernicke, K., Dipl.-Ing.(Univ.),
Pat.-Anwälte, 8900 Augsburg

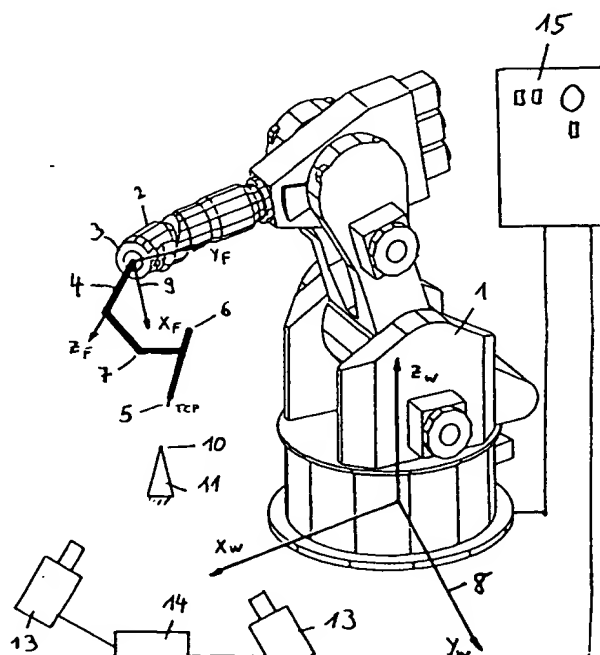
㉓ Erfinder:

Leunen, Andre, 8900 Augsburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Bestimmen relevanter Punkte eines Werkzeugs am Handflansch eines gesteuerten mehrachsigen Manipulators

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen relevanter Punkte eines Werkzeuges (4) am Handflansch eines gesteuerten mehrachsigen Manipulators (1). Die relevanten Punkte (5, 6, 7) werden im manipulatoreigenen World-Koordinaten-System bestimmt. Hierzu fährt der Manipulator (1) mit dem gesuchten relevanten Punkt (5, 6, 7) einen externen Referenzpunkt (10) mit bekannten Ortskoordinaten im World-Koordinaten-System (8) an. Dort wird anhand des Referenzpunktes (10) die Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) des Manipulators (1) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) in der Manipulator-Steuerung (15) berechnet. Durch Koordinatentransformation sind anschließend Lage und Orientierung des gesuchten relevanten Punktes (5, 6, 7) im Flansch-Koordinaten-System (9) errechenbar. Hierzu wird der Referenzpunkt (10) in mindestens drei gewählte repräsentative Punkte (16, 17, 18, 19) des Flansch-Koordinaten-Systems (9) tief verlegt. Hierbei werden die Ortskoordinaten der repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) im World-Koordinaten-System (8) aufgenommen und daraus die Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) berechnet.



DE 40 15 644 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruches.

In der Praxis besteht ein großes Problem mit dem Austausch und der Vermessung neuer manipulatorgeführter Werkzeuge. Damit die Manipulatorsteuerung ein Werkzeug exakt bewegen und positionieren kann, muß sie wissen, wo sich die relevanten Werkzeugpunkte, insbesondere der sogenannte Tool-Center-Point, befinden. Hierzu müssen ständig die Ortskoordinaten dieser relevanten Punkte im manipulatoreigenen World-Koordinaten-System bekannt sein. Die Koordinatenbeschreibung erfolgt durch zwei Beziehungen, nämlich einmal die relative Lage und Orientierung des relevanten Punktes innerhalb des Flansch-Koordinaten-Systems der Manipulatorhand und zum anderen durch die Lage und Orientierung dieses Systems gegenüber dem World-Koordinaten-System. Beim Wechsel eines Werkzeugs ändern sich die relative Lage und Orientierung der relevanten Punkte gegenüber dem Flansch-Koordinaten-System. In der Praxis war es daher bislang notwendig, jedes Werkstück exakt vor dem Gebrauch zu vermessen und dann lagegenau am Handflansch zu befestigen. Durch diese externe und sehr aufwendige Werkzeugvermessung konnten dann die Relativwerte für Lage und Orientierung im Flansch-Koordinaten-System von Hand ermittelt und in die Manipulatorsteuerung eingegeben werden. Ein Werkzeugwechsel bedingte demnach einen erheblichen Aufwand und entsprechende Kosten.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfacheres, praktischeres und kostengünstigeres Verfahren zum Bestimmen der relevanten Punkte eines Werkzeugs aufzuzeigen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Hauptanspruch.

Mit der Erfindung ist keine externe Werkzeugvermessung mehr notwendig. Vielmehr findet die Bestimmung der relevanten Punkte am Manipulator mit dem angebauten Werkzeug statt und geht auch mit sehr viel weniger Bau-, Zeit- und Kostenaufwand vor sich.

Es genügt, den gesuchten relevanten Punkt des Werkzeugs an einen externen, d. h. im Arbeitsraum des Manipulators liegenden Referenzpunkt mit bekannten Ortskoordinaten im World-Koordinaten-System zu verfahren. An dieser Stelle hat der gesuchte relevante Punkt bekannte absolute Ortskoordinaten, nämlich die des Referenzpunktes. Hieraus läßt sich zum einen die bis dahin unbekannte relative Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems gegenüber dem World-Koordinaten-System ermitteln. Aus zwei bekannten Koordinatensystemen können wiederum die Ortskoordinaten des Referenzpunktes bzw. des dort befindlichen relevanten Werkzeugpunktes in das Flansch-Koordinaten-System transformiert werden. Aus diesen beiden relativen Ortskoordinaten läßt sich wiederum die Lage und Orientierung des relevanten Punktes gegenüber dem Flansch-Koordinaten-System berechnen. In der Regel geht es hierbei um den Abstand (T), den Seitenversatz (L) und den Drehwinkel (D) um die z-Achse des relevanten Punktes gegenüber dem Handflansch.

Das Verfahren kann vereinfacht werden, wenn in der Bahnsteuerung schon die Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems gegenüber dem World-Koordinaten-System bekannt und abrufbar ist. Der Ermittlungsschritt der Relativbeziehung zwischen den bei-

momentanen Steuerungen ist dies zwar grundsätzlich möglich, aber noch nicht in der Praxis realisiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich für beliebige Werkzeuge und auch für beliebige relevante Punkte. Es ist für mehrachsige Manipulatoren und insbesondere für mehrachsige Industrieroboter geeignet. Es dient nicht nur zur Vermessung neuer Werkzeuge, sondern kann auch zur Kontrolle benutzter Werkzeuge auf eventuelle Schäden verwendet werden.

Für die Bestimmung des Referenzpunktes gibt es verschiedene Möglichkeiten. Im einfachsten Fall ist der Referenzpunkt irgendwo im Arbeitsraum des Manipulators, eventuell sogar am Manipulator selbst, positioniert und bereits vorab vermessen. Um die Vermessung zu vereinfachen, kann hierfür auch der Manipulator mit einem bereits bekannten Werkzeug eingesetzt werden. Dessen ebenfalls bekannter relevanter Punkt, beispielsweise der Tool-Center-Point, wird auf den Referenzpunkt gefahren, wobei die mitgeführten absoluten Ortskoordinaten des relevanten Punktes aufgenommen und dann dem Referenzpunkt in der Steuerung zugeordnet werden. In der Praxis läßt sich dies auf einfache Weise mit einem Dorn realisieren, dessen Spitze den Referenzpunkt markiert.

Um einen höheren Komfort und insbesondere auch eine Möglichkeit zur Automatisierung des Bestimmungsvorganges zu erreichen, wird der gesuchte relevante Punkt selbst als Referenzpunkt herangezogen. Dies ist mit Hilfe eines auf das World-Koordinaten-System referierten Vermessungssystems möglich, das den gesuchten relativen Punkt erfaßt und dessen Ortskoordinaten bestimmt. Vorteilhafterweise muß dazu nicht unbedingt ein bestimmter Punkt im Arbeitsraum angefahren werden, sondern es genügt irgendeine frei wählbare Stelle im Erfassungsraum des Vermessungssystems. Dadurch kann der Manipulator den Bestimmungsvorgang selbsttätig und automatisch durchführen, da er keinen bestimmten Referenzpunkt mehr ansteuern muß.

Das Vermessungssystem kann in unterschiedlicher Weise realisiert werden, beispielsweise als Laser-Reflex-System, Radar oder auf sonstige Art. Bevorzugt wird die optische Messung mit einem Kamerasystem, das besonders exakte Positionswerte des relevanten Punktes im Raum liefert und zuverlässig arbeitet. Ein solches Kamerasystem ist im übrigen auch für andere Zwecke bei Industrierobotern ohnehin häufig schon im Einsatz.

In weiterer Alternative kann auch ein unbekannter mechanischer Referenzpunkt, beispielsweise ein Dorn, mit einem ebenfalls unbekannten Werkzeug viermal aus verschiedenen Richtungen angefahren werden. In allen vier Positionen werden von der Manipulatorsteuerung die gemeldeten Ortskoordinaten im World-Koordinaten-System aufgenommen und miteinander verglichen. Nachdem sich das Werkzeug nicht ändert und immer mit dem gleichen relevanten Punkt den Referenzpunkt berührt, müssen die aufgenommenen vier Punkte auf einer Kugel um den Referenzpunkt liegen, deren Mittelpunkt und damit der Referenzpunkt sich dann ohne weiteres errechnen läßt.

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen

Fig. 1 in perspektivischer Ansicht und schematischer Darstellung einen Industrieroboter mit einem zu vermessenden Werkzeug und

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Handflan-

Der in Fig. 1 gezeigte sechs-achsige Industrieroboter (1) besitzt eine mehrfach abwinkelbare Hand (2) in Form einer sogenannten Zentralhand, die am vorderen Ende einen Handflansch (3) trägt. Am Handflansch (3) ist ein Werkzeug (4) befestigt, das im gezeigten Ausführungsbeispiel mehrfach abgewinkelt ist und drei relevante Punkte (5, 6, 7) trägt. Der relevante Punkt (5) an der Werkzeugspitze ist der sogenannte Tool-Center-Point, auf den die Manipulatorsteuerung (15) die Roboterbewegungen abstimmt. Der Tool-Center-Point ist beispielsweise bei einem Schweißbrenner die Spitze des aus der Düse tretenden Schweißdrahtes. Der zweite relevante Punkt (6) ist beispielsweise ein vorstehender Ansatz, der Kollisionsprobleme aufwerfen kann und daher in der Manipulatorsteuerung (15) bei den Werkzeugbewegungen berücksichtigt werden muß. Ähnliches gilt für den dritten relevanten Punkt (7), der beispielsweise ein Knickpunkt ist. Die relevanten Punkte (6, 7) können auch Achsen eines in sich beweglichen Werkzeugs sein. In Abwandlung des gezeigten Ausführungsbeispiels kann ein Werkzeug (4) auch nur einen relevanten Punkt oder eine beliebige größere Zahl solcher Punkte haben.

Die Positionswerte des Werkzeugs (4) und die Roboterbewegungen sind auf ein manipulatoreigenes World-Koordinaten-System (8) bezogen, das vorzugsweise kartesisch ist. Der Handflansch (3) besitzt ein eigenes Flansch-Koordinaten-System (9), das ebenfalls vorzugsweise kartesisch ist. Der Ursprung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) ist zugleich der Flanschmittelpunkt.

Die relevanten Punkte (5, 6, 7) des Werkzeugs (4) stehen in einer bestimmten Lage und Orientierung zum Flansch-Koordinaten-System (9). Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird diese Beziehung durch den Abstand (T) entlang der z-Achse, den Seitenversatz (L) entlang der x-Achse und den Drehwinkel (D) um die z-Achse definiert. Mit diesen drei Werten ist die relative Lage und Orientierung des betrachteten relativen Punktes (5, 6, 7) gegenüber dem Flansch-Koordinaten-System (9) festgelegt.

Die relative Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System ist in der Manipulatorsteuerung (15) zwar bekannt, aber nicht in Parameterform durch Anzeige abrufbar. In der Manipulatorsteuerung (15) liegen jedoch bei einem bekannten Werkzeug die Ortskoordinaten der relevanten Punkte (5, 6, 7) im World-Koordinaten-System abrufbar und anzeigbar vor. Sie setzen sich durch Koordinatentransformation aus der Relativbeziehung zwischen den relevanten Punkten und dem Flansch-Koordinaten-System und dessen Relativbeziehung gegenüber dem World-Koordinaten-System zusammen.

Bei einem Werkzeugwechsel oder einer Kollision des Werkzeugs (4) mit einem Hindernis ist die Lage und Orientierung eines oder mehrerer der relevanten Punkte (5, 6, 7) gegenüber dem Flansch-Koordinaten-System (9) nicht oder nicht mehr bekannt und muß neu bestimmt werden. Dieser Bestimmungsvorgang läuft wie folgt ab:

Das unbekannte oder beschädigte Werkzeug (4) wird mit dem zu bestimmenden relevanten Punkt (5, 6, 7) vom Roboter (1) im Arbeitsraum auf einen Referenzpunkt (10) gefahren. Im gezeigten Ausführungsbeispiel besteht dieser aus der Spitze eines ortsfesten Kegels (11), die beim Anfahren punktgenau berührt wird. Die Ortskoordinaten des Referenzpunktes (10) liegen im World-Ko-

stimmt worden oder werden während des Anfahrens durch den relevanten Punkt (5, 6, 7) bestimmt. Die verschiedenen Alternativen werden nachfolgend näher erläutert. Für die weitere Erklärung des Verfahrens zur Bestimmung der gesuchten relativen Punkte (5, 6, 7) werden die absoluten Ortskoordinaten des Referenzpunktes (10) im World-Koordinaten-System (8) als bekannt angenommen.

Wenn sich der gesuchte relevante Punkt (5, 6, 7) am Referenzpunkt (10) befindet, werden in der Bahnsteuerung die bekannten Ortskoordinaten dem relevanten Punkt (5, 6, 7) zugeordnet. Für die nachfolgende Bestimmungsoperation bleiben der Manipulator (1) mit dem Werkzeug (4) und dem zu bestimmenden relevanten Punkt (5, 6, 7) ortsfest stehen.

Wenn die relative Lage des Flansch-Koordinaten-Systems gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) nicht abrufbar ist, wird sie durch den nachfolgenden Verfahrensabschnitt ermittelt. Wie eingangs erwähnt setzt sich der Ortsvektor vom Koordinatenursprung bzw. dem Flanschmittelpunkt zum betrachteten relevanten Punkt (5, 6, 7) aus den achsbezogenen Abständen (T) und (L) zusammen. Zur Bestimmung der Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-System (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) wird der Referenzpunkt (10) bzw. der betrachtete relevante Punkt (5, 6, 7) auf mindestens drei, vorzugsweise vier gewählte Punkte (16, 17, 18, 19) verlegt und sozusagen abgebildet. Die Punkte (16, 17, 18, 19) sind repräsentativ für das Flansch-Koordinaten-System und liegen auf dessen verschiedenen Achsen. Bei der Verlegung wird der betrachtete relevante Punkt (5, 6, 7) fiktiv auf dem Flansch-Koordinaten-System (9) abgebildet und sozusagen undefiniert. Es werden hierdurch drei oder vier neue Ortskoordinaten der repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) im World-Koordinaten-System (8) gewonnen.

In der gezeigten Ausführungsform wird der Tool-Center-Point (5) betrachtet. Wie Fig. 2 zeigt, werden bei einem Drehwinkel (D) = 0 (T) und (L) ebenfalls als 0 definiert. Der Tool-Center-Point (5) kommt damit fiktiv auf dem Koordinatenursprung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) zu liegen, wobei in der Manipulatorsteuerung (15) entsprechende Ortskoordinaten für diesen repräsentativen Punkt (16) im World-Koordinaten-System (8) ausgegeben und gegebenenfalls gespeichert werden. Durch Definition von (D) und (L) = 0 wird der Tool-Center-Point (5) auf dem repräsentativen Punkt (17) der L-Achse abgebildet, der vom Koordinatenursprung den Abstand (T) hat. Desweiteren wird durch (D) und (T) = 0 der Tool-Center-Point (5) auf dem dritten repräsentativen Punkt (18) der x-Achse abgebildet, der vom Koordinatenursprung den Abstand (L) hat. Gegebenenfalls kann auf der y-Achse aus den repräsentativen Punkten (16, 17, 18) ein vierter repräsentativer Punkt (19) unter Vorgabe von (D) = 0 errechnet werden. Durch die repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) und deren Ortskoordinaten im World-Koordinaten-System (8) ist das Flansch-Koordinaten-System (9) eindeutig in der Translation und Rotation gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) bestimmt.

Durch die Relativbeziehung zwischen den beiden Koordinatensystemen (8, 9) können nun auch Ortskoordinaten beliebiger Punkte vom einen in das andere Koordinatensystem (8, 9) transformiert werden. Durch Koordinatentransformation werden nun die Ortskoordinaten des Tool-Center-Points (5) im Flansch-Koordinaten-System (9) errechnet. Aus diesem Ortsvektor wiederum werden (T), (L) und (D) für den Tool-Center-Point des

neuen oder beschädigten Werkzeugs errechnet und als Parameter in der Manipulatorsteuerung (15) gespeichert. Die Bestimmung des Tool-Center-Points (5) ist damit abgeschlossen. Die weiteren relevanten Punkte (6, 7) können auf die gleiche vorbeschriebene Weise bestimmt werden.

Die Durchführung der Rechenoperationen kann anhand der von der Manipulatorsteuerung (15) angezeigten Ortskoordinaten von Hand durchgeführt werden. In der bevorzugten Ausführungsform hat die Manipulatorsteuerung (15) ein integriertes Rechen- oder Softwaremodul, das die Operationen automatisch und intern durchführt. Für die Bestimmung der weiteren relevanten Punkte (6, 7) können damit auch die bereits aufgefundenen repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) bzw. das Flansch-Koordinaten-System (9) beim Anfahren der nächsten relevanten Punkte (6, 7) mitgenommen werden, so daß Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) auch an den weiteren Punkten sofort zur Verfügung stehen.

Die Ermittlung der Ortskoordinaten des Referenzpunktes (10) im World-Koordinaten-System (8) ist auf verschiedene Weise möglich. Zum einen kann der Roboter (1) ein bekanntes Werkzeug (4) mit einem bekannten Tool-Center-Point (5) oder einem sonstigen relevanten Punkt auf den Referenzpunkt (10) bewegen. Die Manipulatorsteuerung (15) übernimmt dann die im World-Koordinaten-System (8) mitgeführten und angezeigten Ortskoordinaten des bekannten Tool-Center-Points (5) und ordnet sie dem Referenzpunkt (10) zu. Anschließend wird das bekannte Werkzeug (4) gegen das unbekannte getauscht und dann das vorstehend beschriebene Bestimmungsvorgehen durchgeführt.

Eine zweite Möglichkeit zur Bestimmung der Ortskoordinaten des Referenzpunktes (10) besteht darin, mit einem unbekannten Werkzeug (4) und einem demgemäß unbekannten relevanten Punkt (5, 6, 7) den ebenfalls unbekannten Referenzpunkt (10) von Hand mit dem Manipulator anzufahren. Das Anfahren findet viermal aus verschiedenen Richtungen und mit verschiedenen Achsstellungen des Roboters (1) statt. Jedesmal werden dabei die in der Manipulatorsteuerung (15) angezeigten absoluten Ortskoordinaten in der eingangs beschriebenen Weise auf den Flanschmittelpunkt (16) durch Definition von $(D, T, L) = 0$ abgebildet. Die angegebenen Ortskoordinaten der vier Punkte sind zwar wegen des noch nicht vermessenen Werkzeugs (4) als einzelne Absolutwerte unrichtig. Zusammen definieren sie aber vier Punkte einer Kugel deren Mittelpunkt der Referenzpunkt (10) ist. Aus den Ortskoordinaten kann über die Kugelbeziehung dann ein korrekter Positionswert für den Referenzpunkt (10) im Worldkoordinatensystem (8) errechnet werden. Beim vierten Anfahren wird außerdem in der eingangs beschriebenen Weise durch Abbildung des nun korrekten Referenzpunktes (10) auf drei oder vier repräsentative Punkte (16, 17, 18, 19) das Flanschkoordinatensystem (9) bestimmt. Der weitere Bestimmungsvorgang für den gesuchten relevanten Punkt (5, 6, 7) findet ebenfalls in der vorgeschriebenen Weise statt.

Eine dritte Möglichkeit besteht im Einsatz eines Vermessungssystems (12), das den gesuchten relevanten Punkt (5, 6, 7) erfaßt und seine Position in Ortskoordinaten des Worldkoordinatensystems (8) angibt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel besteht das Vermessungssystem (12) aus zwei Kameras (13), die einen internen

ten und eine Auswerteschaltung (14) aufweisen. Das Vermessungssystem (12) hat ein eigenes Koordinatensystem, das bei der Einrichtung über eine Koordinatentransformation auf das Worldkoordinatensystem (8) referiert wird. Die Einrichtung kann mit Hilfe eines bekannten Werkzeugs (4) und dessen Tool-Center-Point (5) mit bekannten Ortskoordinaten erfolgen. Um den Tool-Center-Point (5) der verschiedenen Werkzeuge (4) oder einen sonstigen relevanten Punkt (6, 7) zuverlässig erfassen zu können, ist an diesen Stellen eine LED angeordnet. Zur Bestimmung eines relevanten Punktes (5, 6, 7) eines unbekannten oder beschädigten Werkzeugs (4) wird dieser Punkt vom Roboter (1) an irgendeine Stelle im Erfassungsraum des Vermessungssystems (12) bewegt. Im Gegensatz zu den vorgenannten Positionierungsvorgehen kann dies auch automatisch und über die Manipulatorsteuerung (15) geschehen. Die eingenommene Stellung des relevanten Punktes (5, 6, 7) ist zugleich der Referenzpunkt (10) dessen Ortskoordinaten vom Vermessungssystem (12) aufgenommen und im Worldkoordinatensystem (8) angezeigt werden und in die Manipulatorsteuerung (15) eingegeben werden. Der weitere Bestimmungsvorgang läuft in der eingangs beschriebenen Weise ab.

Stückliste

- 1 Manipulator, Industrieroboter
- 2 Hand
- 3 Handflansch
- 4 Werkzeug
- 5 relevanter Punkt, Tool-Center-Point
- 6 relevanter Punkt, Ansatz
- 7 relevanter Punkt, Knickpunkt
- 8 World-Koordinaten-System
- 9 Flansch-Koordinaten-System
- 10 Referenzpunkt
- 11 Dorn
- 12 Vermessungssystem, Kamerasystem
- 13 Kamera
- 14 Auswerteschaltung
- 15 Manipulatorsteuerung
- 16 repräsentativer Punkt, Ursprung, Flanschmittelpunkt
- 17 repräsentativer Punkt, z-Achse
- 18 repräsentativer Punkt, x-Achse
- 19 repräsentativer Punkt, y-Achse

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen relevanter Punkte eines Werkzeugs am Handflansch eines gesteuerten mehrachsigen Manipulators im manipulatoreigenen World-Koordinaten-System, wobei der relevante Punkt in der Manipulatorsteuerung durch seine relative Lage und Orientierung innerhalb des Flansch-Koordinaten-Systems und dessen Lage und Orientierung gegenüber dem World-Koordinaten-System beschrieben wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Manipulator (1) mit dem relevanten Punkt (5, 6, 7) des Werkzeugs (5) einen externen Referenzpunkt (10) mit bekannten Ortskoordinaten im World-Koordinaten-System (8) anfährt, wonach dort anhand des Referenzpunktes (10) die Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) in der Manipulatorsteuerung (15) berechnet wird und daß dann durch Koordinatentransfor-

mation die Lage und Orientierung des relevanten Punktes (5, 6, 7) im Flansch-Koordinaten-System (9) berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung von Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) der Referenzpunkt (10) in mindestens drei gewählte repräsentative Punkte (16, 17, 18, 19) des Flansch-Koordinaten-Systems (9) fiktiv verlegt wird, wobei die Ortskoordinaten der repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) im World-Koordinaten-System (8) aufgenommen werden, und daß daraus die Lage und Orientierung des Flansch-Koordinaten-Systems (9) gegenüber dem World-Koordinaten-System (8) berechnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die repräsentativen Punkte (16, 17, 18, 19) auf den Ursprung und mindestens zwei Achsen des Flansch-Koordinaten-Systems (9) verlegt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß Lage und Orientierung des relevanten Punktes (5, 6, 7) im Flansch-Koordinaten-System (9) durch Höhenabstand (T), Seitenversatz (L) und Drehwinkel (D) um die z-Achse bestimmt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Ortskoordinaten des Referenzpunktes (10) durch vorheriges Anfahren mit einem bekannten Werkzeug bestimmt werden.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der relevante Punkt (5, 6, 7) des Werkzeugs (4) an einen wählbaren Referenzpunkt (10) im Erfassungsbereich eines auf das World-Koordinaten-System (8) referierten Vermessungssystems (12) gefahren wird, wo seine Ortskoordinaten bestimmt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der relevante Punkt (5, 6, 7) optisch erfaßt und vermessen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechenoperationen in der Manipulatorsteuerung (15) durchgeführt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

— Leerseite —

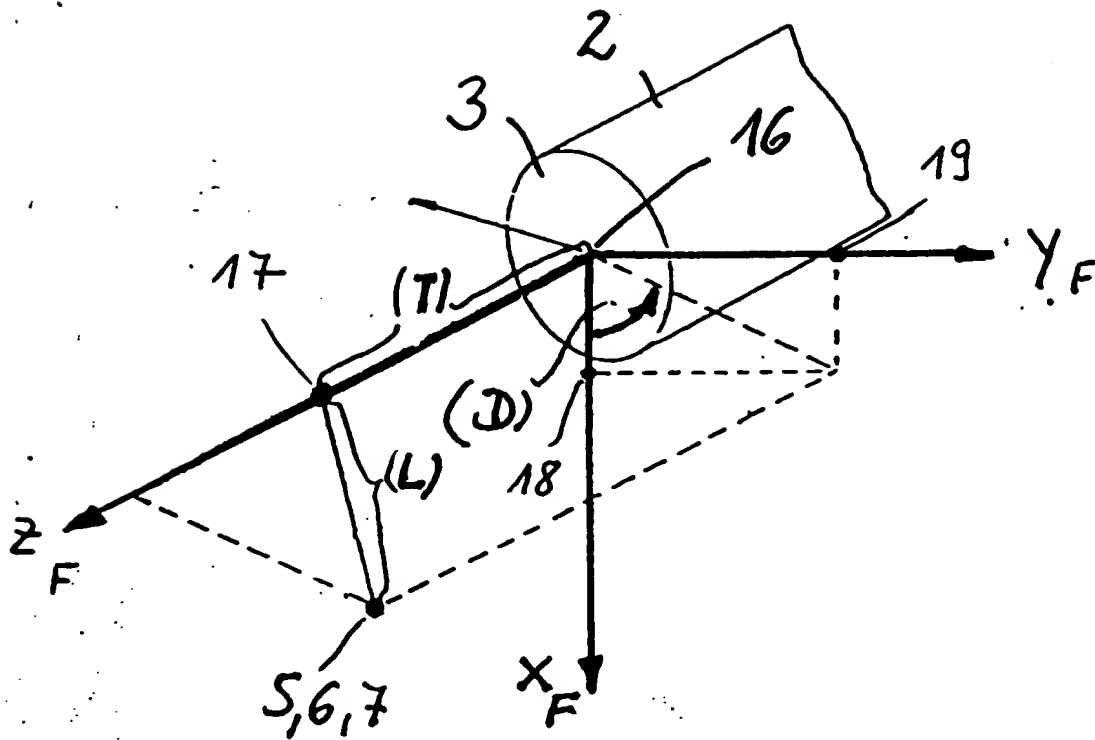


Fig 2